

**PLC-TF1**

**DE101 00 18 1 A1**

**A method and measurement configuration to determine the physical properties of a communication signal to be transmitted over a power supply network.**

A communication signal (ksi) to be transmitted over power distribution lines and generated in a Power Line Communication Module (PLCM) with at least one defined frequency range is passed through a simulation impedance (NBI), after which the spectral distribution of the energy density of the communication signal (ksi) is measured in at least one defined frequency range.

**PLC-TF 1: TB 16: TG 19: Document A24**

**DE 101 00 181 A1**

**Priority Date: 04.01.2001**

**Method and measurement configuration to determine the physical properties of a communication signal to be transmitted over a power supply network**

**Independent Claim:** (Translated from the German in DE 101 00 181 A1)

Method to determine the physical characteristics of a communication signal (ksi) generated in a transmission device (PLCM) for the purpose of transmission over power supply lines with at least one defined frequency range,

said method in which the communication signal (ksi) is routed over a simulation impedance (NBI) which simulates a symmetrical power supply line, and thereafter the spectral distribution of the energy density of the communication signal (ksi) is measured within at least one defined frequency range.

**DE 101 00 181 A 1**

[0001] Kommunikationssignale, insbesondere Datensignale von Rechnern bzw. Computern, können auch über das Energieversorgungsnetz bzw. Energieverteilnetz übertragen werden. Ein Kommunikationssignal bzw. Datensignal kann sowohl im In-House-Bereich innerhalb eines Gebäudes oder auch im Access-Bereich eines Kommunikationsnetzes, d. h. vom letzten Niederspannungstransformator bis zu einem Gebäude, über die vorhandenen Energieversorgungsleitungen übermittelt werden. Für eine derartige Übertragung von Kommunikationssignalen über Energieversorgungsleitungen im Mittel- und Niederspannungsbereich ist derzeit ein Frequenzbereich von 1,3 bis 30 MHz vorgesehen.

[0002] Die Übertragung über die Energieversorgungsleitungen wird mit Hilfe von Übertragungseinrichtungen – in der Fachwelt auch als Power Line Modems bekannt – bewirkt, in denen die zu übermittelnden Daten mit Hilfe von Modulationsverfahren bzw. Zugriffsverfahren wie beispielsweise OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)- oder QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)- oder dem CDMA(Code Division Multiple Access)-Verfahren auf Trägersignale moduliert bzw. codiert und als Kommunikationssignal in die Energieversorgungsleitungen eingekoppelt werden. Der Frequenzbereich der Kommunikationssignale liegt entsprechend der ETSI-Empfehlung ETSI TS 101867 V.1.1.1 (2000-11) im Access-Bereich bei 1,6 bis 10 MHz und im In-House-Bereich bei 10 bis 30 MHz.

[0003] Derzeit werden die physikalischen Eigenschaften der Übertragungseinrichtungen, insbesondere hinsichtlich des Energieverhaltens im Frequenzbereich – durch unterschiedlichste, die Modulationsverfahren bzw. Zugriffsverfahren berücksichtigende Messverfahren ermittelt.

[0004] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe ist besteht darin, die unterschiedlichen Messverfahren einschließlich einer Messanordnungen zu verbessern. Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruch 1 und 8 gelöst.

[0005] Ein wesentlicher Aspekt des erfindungsgemäßen Verfahrens ist darin zu sehen, dass das Kommunikationssignal über eine eine symmetrische Energieversorgungsleitung nachbildende Nachbildimpedanz geführt und anschließend die spektrale Verteilung der Energiedichte des Kommunikationssignals innerhalb zumindest eines definierten Frequenzbereiches gemessen wird.

[0006] Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist darin zu sehen, dass für alle Modulations- bzw. Zugriffsverfahren ein einheitliches, herstellerunabhängiges Messverfahren für die Ermittlung der physikalischen Eigenschaften eines für die Übertragung über Energieversorgungsleitungen vorgesehenes Kommunikationssignal verwendet werden kann. Desweiteren ist durch die symmetrische Ausgestaltung der Nachbildimpedanz das Messverfahren auf die symmetrische Ankopplung der Übertragungseinrichtung bzw. des Power Line Modems an die Energieversorgungsleitung abgestimmt.

[0007] Die spektrale Verteilung der Energiedichte des Kommunikationssignals wird vorteilhaft bei optimaler Impedanzanpassung der Nachbildimpedanz an die Übertragungseinrichtung gemessen – Anspruch 2 –, wodurch die optimale Leistung des Kommunikationssignals an die Nachbildimpedanz übermittelt wird.

[0008] Nach einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Kommunikationssignal vor der Messung der spektralen Verteilung der Energiedichte elektrisch von der Nachbildimpedanz entkoppelt – Anspruch 3 –, wobei die spektrale Verteilung der Energiedichte des Kommunikationssignals bei optimaler Impedanzanpassung an einen Spektrumanalyzer gemessen wird –

Anspruch 4. Hierdurch eine elektrische Enkoppelung der Messeinrichtung, z. B. ein Spektrumanalyzer, von der Nachbildimpedanz erreicht, und die optimale Leistung des Kommunikationssignals an die Messeinrichtung weitergegeben.

[0009] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die gemessenen spektrale Verteilung der Energiedichte je Frequenzbereich mit vorgegebenen Energiedichten verglichen – Anspruch 5. Hierdurch kann bei unter- oder überschreiten der gemessenen Energiedichte des Kommunikationssignal über eine oder mehrere vorgegebene Grenzwerte eine Information von der Messeinrichtung erzeugt und ausgegeben werden. Derartige Grenzwerte sind beispielsweise in internationalen oder nationalen Standards für Powerline Communication üblich.

[0010] Ein weiterer wesentlicher Aspekt einer erfindungsgemäßen Messanordnung zum Ermitteln der physikalischen Eigenschaften eines in einer Übertragungseinrichtung erzeugten und für die Übertragung über Energieversorgungsleitungen vorgesehenen Kommunikationssignals mit zumindest einem definierten Frequenzbereich ist darin zu sehen, dass eine mit der Übertragungseinrichtung verbundenen Nachbildimpedanz symmetrisch ausgestaltet und derart dimensioniert ist, dass eine vorgegebene Impedanzanpassung an die Übertragungseinrichtung und eine optimale Impedanzanpassung an eine erste und zweite mit der Widerstandsanordnung verbundenen Primärwicklung eines Transformators erreicht wird, und dass eine Sekundärwicklung des Transformators für eine optimale Impedanzanpassung an einen an die Sekundärwicklung angeschlossenen Spektrumanalyzer ausgestaltet ist – Anspruch 7. Hierbei ist die die Nachbildimpedanz für Impedanzen der Übertragungseinrichtung zwischen 10 und 80 Ohm ausgestaltet – Anspruch 8.

[0011] Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Messanordnung ist darin zu sehen, dass für alle Modulations- bzw. Zugriffsverfahren eine einheitliche, herstellerunabhängige Messanordnung für die Ermittlung der physikalischen Eigenschaften eines für die Übertragung über Energieversorgungsleitungen vorgesehenes Kommunikationssignal verwendet werden kann, wobei durch die symmetrische Ausgestaltung der Nachbildimpedanz die Messanordnung auf die symmetrische Ankopplung der Übertragungseinrichtung bzw. des Power Line Modems an die Energieversorgungsleitung abgestimmt ist und eine optimale Leistungsanpassung hinsichtlich der Übertragung des Kommunikationssignals erreicht wird.

[0012] Vorteilhaft ist die Eingangsimpedanz der Nachbildimpedanz für Impedanzen der Übertragungseinrichtung zwischen 10 und 80 Ohm ausgestaltet – Anspruch 9, wodurch eine optimale Anpassung an die tatsächlichen Gegebenheiten im Energieversorgungsleitungsnetz erreicht wird.

[0013] Um Störungen durch außer dem vorgesehenen Frequenzbereichen zu unterdrücken, ist vorteilhafterweise vor die Nachbildimpedanz ein Filter geschaltet und das Filter auf die Frequenzbereiche des zu messenden Kommunikationssignals abgestimmt – Anspruch 10. Um Störungen durch das gleichzeitig über die Energieversorgungsleitungen übertragene Energiesignal zu unterdrücken ist vorteilhaft zwischen dem Filter und der Nachbildimpedanz ein Netzfilter eingefügt, wobei das Filter auf die Frequenz eines über die Energieversorgungsleitung übertragenen Energiesignals abgestimmt ist – Anspruch 11.

[0014] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der erfindungsgemäßen Messanordnung sind den weiteren Ansprüchen zu entnehmen.

[0015] Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfah-

ren bzw. die erfindungsgemäße Messanordnung anhand zweier Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen

[0016] Fig. 1 in einem Schaltbild die erfindungsgemäße Messanordnung und

[0017] Fig. 2 in einem Diagramm beispielhaft die Verteilung der gemessenen Energiedichte eines Kommunikationssignals.

[0018] Fig. 1 zeigt in einem Schaltbild eine Nachbildimpedanz NBI – durch ein strichpunktiertes Rechteck angedeutet – mit einem ersten Widerstand R1, der mit einem Ende mit einem ersten Eingang E1 und mit dem anderen Ende mit einem zweiten Eingang E2 verbunden ist. Zu diesem ersten Widerstand R1 ist eine Serienschaltung von einem zweiten Widerstand R2, einem dritten Widerstand R3, einem vierten Widerstand R4 und von einem fünften Widerstand R5 parallel geschaltet. Bei einer Eingangsimpedanz von 50 Ohm zwischen dem ersten und zweiten Eingang E1, E2 weist der erste Widerstand R1 annähernd einen Wert von 100 Ohm, der zweite Widerstand R2 annähernd einen Wert von 18 Ohm, der dritte Widerstand R3 annähernd einen Wert von 47 Ohm, der vierte Widerstand R4 annähernd einen Wert von 47 Ohm und der fünfte Widerstand R5 annähernd einen Wert von 18 Ohm auf. Anstelle der 50 Ohm Eingangsimpedanz sind andere Werte zwischen 10 und 80 Ohm möglich, wobei die ersten bis fünften Widerstände R1..R5 anzupassen sind.

[0019] An den dritte und vierten Widerstand R3, R4 ist jeweils eine erste und eine zweite Primärwicklung W1, W2 eines Transformators TR – durch strichpunktiertes Rechteck angedeutet – parallel geschaltet. Eine dritte Sekundärwicklung W3 des Transformators TR ist mit einem Spektrumanalyzer SPA verbunden. Der Spektrumanalyzer SPA weist eine Eingangsimpedanz von annähernd 50 Ohm auf. Der Spektrumanalyzer SPA, der Transformator TR und die Nachbildimpedanz NBI bilden eine Messanordnung MA zum Ermitteln der spektralen Verteilung der Energiedichte eines Kommunikationssignals ksi in Abhängigkeit von der Frequenz, wobei der erste und zweite Eingang E1, E2 der Nachbildimpedanz NBI die Eingänge E1, E2 der Messanordnung MA darstellen.

[0020] Die beiden Ausgänge einer Übertragungseinrichtung bzw. ein Power-Line-Communication-Modem PLCM, sind an die Eingänge E1, E2 der Messanordnung MA angeschlossen. Im Power-Line-Communication-Modem PLCM werden über Energieversorgungsleitungen zu übermittelnde Datensignale – nicht dargestellt – mit Hilfe von Modulations- bzw. Zugriffsverfahren – wie beispielsweise OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)- oder QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)- oder dem CDMA(Code Division Multiple Access)-Verfahren auf Trägersignale moduliert bzw. codiert und als Kommunikationssignal ksi an den Ausgängen A abgegeben. Zwischen den Ausgängen A des Power-Line-Communication-Modems PLCM ist eine Impedanz von annähernd 50 Ohm definiert.

[0021] Um die Verteilung der Energiedichte des Kommunikationssignals ksi zu ermitteln, wird dieses erfindungsgemäß an die Nachbildimpedanz NBI übermittelt. Aufgrund der Impedanzanpassung durch die Nachbildimpedanz NBI – annähernd 50 Ohm zwischen den Eingängen E1, E2 – ist eine optimale Leistungsübertragung des Kommunikationssignals ksi an die Nachbildimpedanz NBI gegeben. Da auch Ausgangs- bzw. Eingangsimpedanzen zwischen der Nachbildimpedanz NBI und dem Transformator TR und zwischen dem Transformator TR und dem Spektrumanalyzer SPA angepasst sind – annähernd 50 Ohm – wird das Kommunikationssignal ksi mit optimaler Leistung an den Spektrumanalyzer SPA übertragen. In diesem wird die spektrale Verteilung der Energiedichte – in der Fachwelt auch als

Power Spektral Density bezeichnet – des Kommunikationssignals gemessen. Bei dieser Messung wird der Pegel des Kommunikationssignals ksi in einem oder mehreren Frequenzbereichen gemessen. Bei einem Frequenzbereich des Kommunikationssignals ksi von 1,6 bis 30 MHz wird folglich des Pegel, d. h. die Energieverteilung in diesem Frequenzbereich gemessen. Um eine zu starke Abstrahlung des Kommunikationssignals ksi bei der Übertragung über Energieversorgungsleitungen zu vermeiden dürfen die spektralen Anteile des Kommunikationssignals ksi bestimmte Energiewerte, d. h. bestimmte Pegel nicht überschreiten. Diese Grenzwerte werden in nationalen oder internationalen Empfehlungen vorgegeben.

[0022] In Fig. 2 ist beispielhaft eine Maske einer vorgegebenen spektralen Verteilung der Energiedichte eines Kommunikationssignals ksi, die nicht überschritten werden soll, dargestellt. Die mehreren Aussparungen mit wesentlich geringerer Energiedichte bzw. zulässigem Pegel sind durch die von den Amateurfunkern benutzten Frequenzbereichen verursacht.

[0023] Üblicherweise sind die Übertragungseinrichtungen bzw. die Power-Line-Communication-Modems PLCM derart ausgestaltet, dass in diesen durch die Amateurfunker belegten Frequenzbereichen keine Energie an deren Ausgängen A abgegeben wird. Dies wird in Abhängigkeit vom gewählten Modulationsverfahren z. B. dadurch erreicht, dass in den Power-Line-Communication-Modems PLCM Filter vorgesehen sind, mit deren Hilfe die entsprechenden spektralen Anteile des Kommunikationssignals ksi gefiltert werden, d. h. deren Energie unterdrückt wird. Es ist implementierungsabhängig, ob Modem und Filter in einer Einrichtung oder getrennten Einrichtungen realisiert werden. Bei der Realisierung mit zwei getrennten Einrichtungen können diese in der Praxis an geographisch unterschiedlichen Orten installiert bzw. aufgestellt werden (z. B. Modem als PC-Karte und Filter am Stromübergabepunkt eines Hausstromnetzes).

[0024] Sind in einem Power-Line-Communication-Modem PLCM und ein derartiges Filter in zwei getrennten Einrichtungen realisiert, so wird die in Fig. 1 dargestellte Messanordnung MA um dieses Filter FI und ein Netzfilter NFI erweitert, wobei ein erster bzw. zweiter Ausgang A1, A2 des Netzfilters NFI mit dem ersten bzw. zweiten Eingang E1, E2 der Nachbildimpedanz NBI verbunden wird – in der Fig. 1 durch strichlierte Linien angedeutet. Der dritte und vierte Eingang E3, E4 des Filters FI repräsentieren hierbei die Eingänge der erweiterten Messanordnung.

[0025] Für die Ermittlung der Verteilung der Energiedichte des Kommunikationssignals ksi wird das Power-Line-Communication-Modem PLCM an die dritten und vierten Eingänge E3, E4 angeschlossen. Mit Hilfe des Filters FI werden wie in vorhergehend für das Power-Line-Communication-Modem PLCM erläutert die entsprechenden spektralen Anteile des Kommunikationssignals ksi gefiltert, d. h. deren Energie unterdrückt. Mit Hilfe des nachgeschalteten Netzfilters NFI wird die Frequenz – beispielsweise 50 oder 60 Hz – des Energiesignals – beispielsweise 220/380 Volt – gefiltert bzw. unterdrückt, um Störeinflüsse von Oberwellen zu vermeiden. Das Netzfilter NFI ist durch eine erste und zweite Induktivität L1, L2 gebildet, die jeweils in die Verbindung zwischen dem Filter FI und den Ausgängen A1, A2 des Netzfilters NFI eingefügt ist. An die Verbindung zwischen den Ausgängen des Filters FI und den Induktivitäten L1, L2 ist jeweils eine erste bzw. zweite Kapazität C1, C3 geschaltet, deren anderes Ende mit Massepotential verbunden ist. Bei einer Frequenz von 50 Hz weisen die beiden Induktivitäten L1, L2 annähernd einen Wert von 200 µH und die beiden Kapazitäten C1, C2 annähernd einen

Wert von 1  $\mu\text{F}$  auf. Die Messung der spektralen Verteilung der Energiedichte des über das Filter FI und das Netzfilter NFT übertragenen bzw. gefilterten Kommunikationssignal ksi wird wie bereits erläutert durchgeführt.

#### Patentsprüche

1. Verfahren zum Ermitteln der physikalischen Eigenschaften eines in einer Übertragungseinrichtung (PLCM) erzeugten und für die Übertragung über Energieversorgungsleitungen vorgesehenen Kommunikationssignals (ksi) mit zumindest einem definierten Frequenzbereich, bei dem das Kommunikationssignal (ksi) über eine symmetrische Energieversorgungsleitung nachbildende Nachbildimpedanz (NBI) geführt und anschließend die spektrale Verteilung der Energiedichte des Kommunikationssignals (ksi) innerhalb zumindest eines definierten Frequenzbereiches gemessen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die spektrale Verteilung der Energiedichte des Kommunikationssignals (ksi) bei optimaler Impedanzanpassung der Nachbildimpedanz (NBI) an die Übertragungseinrichtung (PLCM) gemessen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Kommunikationssignal (ksi) vor der Messung der spektralen Verteilung der Energiedichte elektrisch von der Nachbildimpedanz (NBI) entkoppelt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die spektrale Verteilung der Energiedichte des Kommunikationssignals (ksi) bei optimaler Impedanzanpassung an einen Spektrumanalyzer (SPA) gemessen wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die gemessenen spektrale Verteilung der Energiedichte je Frequenzbereich des Kommunikationssignals (ksi) mit vorgegebenen Energiedichten verglichen wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Kommunikationssignal (ksi) durch zumindest ein durch ein Datensignal beliebig moduliertes Trägersignal repräsentiert ist.
7. Messanordnung zum Ermitteln der physikalischen Eigenschaften eines in einer Übertragungseinrichtung (PLCM) erzeugten und für die Übertragung über Energieversorgungsleitungen vorgesehenen Kommunikationssignals (ksi) mit zumindest einem definierten Frequenzbereich, dadurch gekennzeichnet, dass eine mit der Übertragungseinrichtung (PLCM) verbundenen Nachbildimpedanz (NBI) symmetrisch ausgestaltet und derart dimensioniert ist, dass eine vorgegebene Impedanzanpassung an die Übertragungseinrichtung (PLCM) und eine optimale Impedanzanpassung an eine erste und zweite mit der Nachbildimpedanz (NBI) verbundenen Primärwicklung (W1, W2) eines Transformators (TR) erreicht wird, und dass eine Sekundärwicklung (W3) des Transformators für eine optimale Impedanzanpassung an einen an die Sekundärwicklung (W3) angeschlossenen Spektrumanalyzer (SPA) ausgestaltet ist.
8. Messanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingangsimpedanz der Nachbildimpedanz (NBI) für Impedanzen der Übertragungseinrichtung (PLCM) zwischen 10 und 80 Ohm ausgestaltet ist.
9. Messanordnung nach einem der Ansprüche 7 oder

8, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer annähernden Eingangsimpedanz der Impedanznachbildung (NBI) von 50 Ohm an deren Eingang (A1, A2) eine erster Widerstand (R1) von annähernd 100 Ohm parallel geschaltet ist, dass dem ersten Widerstand (R1) eine Serienschaltung von einem zweiten Widerstand (R2) von annähernd 18 Ohm, einem dritten Widerstand (R3) von annähernd 47 Ohm, einem vierten Widerstand (R4) von annähernd 47 Ohm und einem fünften Widerstand (R5) von annähernd 18 Ohm parallel geschaltet ist, wobei an den zweiten und dritten Widerstand (R2, R3) jeweils die erste und zweite Primärwicklung (W1, W2) des Transformators (TR) parallel geschaltet ist und das Übersetzungsverhältnis der Primärwicklungen (W1, W2) zur Sekundärwicklung (W3) im Verhältnis zwei zu eins bestimmt ist.

10. Messanordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass vor die Nachbildimpedanz (NBI) ein Filter (FI) geschaltet ist, und dass das Filter (FI) auf die Frequenzbereiche des zu messenden Kommunikationssignals (ksi) abgestimmt ist.

11. Messanordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Filter (FI) und der Nachbildimpedanz (NBI) ein Netzfilter (NFI) eingefügt ist, wobei das Netzfilter (NFI) auf die Frequenz eines über Energieversorgungsleitung übertragenen Energiesignals abgestimmt ist.

12. Messanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Netzfilter (NFI) durch eine erste und zweite jeweils in die Verbindung zwischen Filter und Widerstandsanordnung geschaltete Induktivität (L1, L2) und durch eine erste und zweite jeweils mit einem Filterausgang (A1, A2) und mit Masse verbundene Kapazität (C1, C2) gebildet ist, wobei die Kapazitäten (C1, C2) und Induktivitäten (L1, L2) auf die Frequenz auf des über die Energieversorgungsleitung übertragenen Energiesignals abgestimmt sind.

13. Messanordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Frequenz des über Energieversorgungsleitungen übertragenen Energiesignals von annähernd 50 Hz für die Induktivitäten (L1, L2) ein Wert von annähernd 200  $\mu\text{H}$  und für die Kapazitäten (C1, C2) annähernd einen Wert von 1  $\mu\text{F}$  bestimmt ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG 1

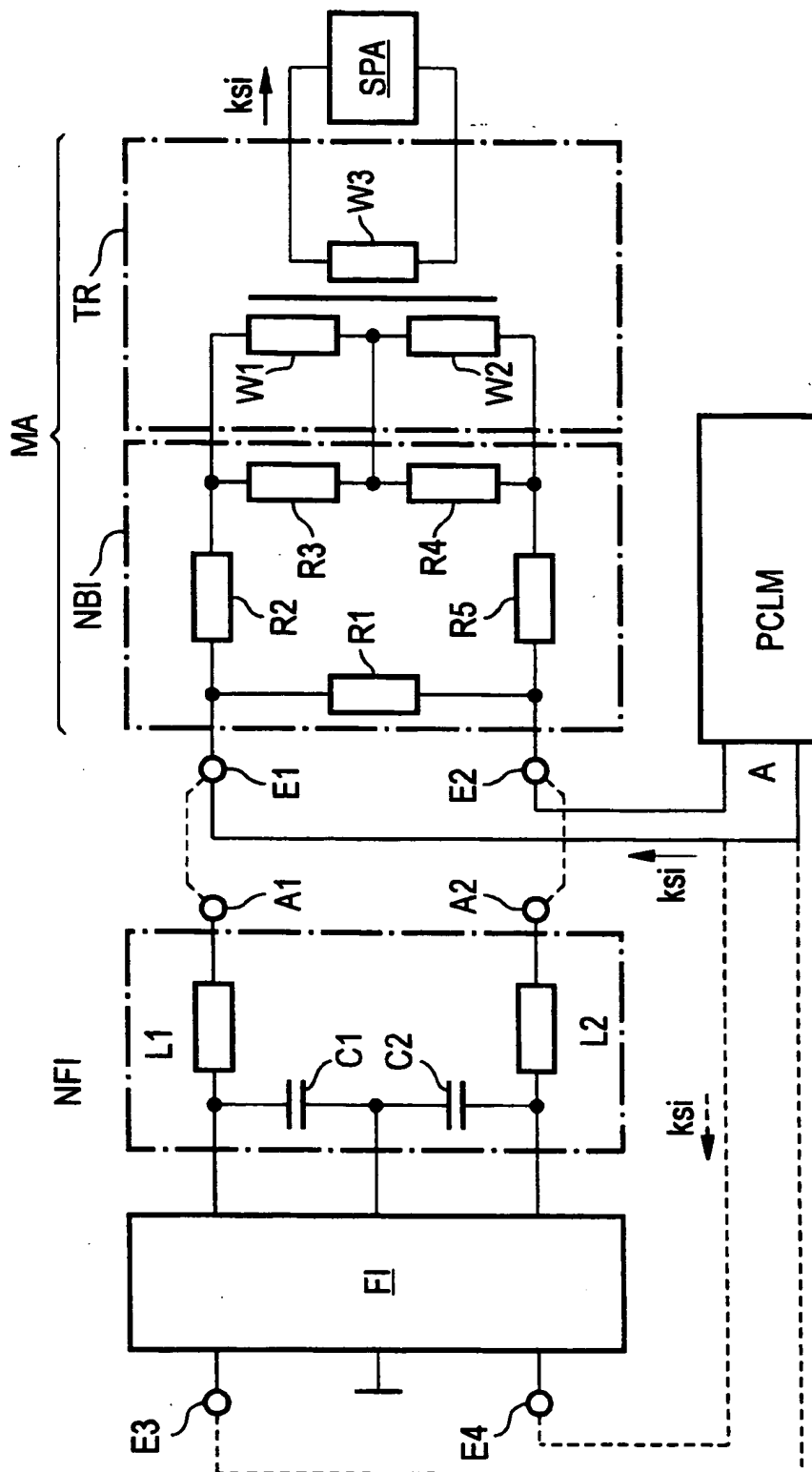


FIG 2

